

矿山开采过程中地质灾害预防与综合治理措施分析

刘超超

摘要：矿山开采活动会扰动原始地质环境，破坏岩土体结构与应力平衡，极易诱发滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷及地裂缝等地质灾害，严重威胁矿山生产安全与区域生态稳定。为有效降低矿山地质灾害发生概率，提升矿山安全生产与生态治理水平，本文系统分析矿山开采引发地质灾害的诱因与主要类型，梳理各类灾害的发育特征与危害特点，构建全过程地质灾害预防体系，针对性提出综合治理技术措施与管理策略。

关键词：矿山开采；地质灾害；灾害预防

1 引言

矿产资源是工业体系建设与国民经济发展的核心基础资源。随着我国矿产资源开发强度持续提升，露天开采与地下采掘规模不断扩大，对原生地质环境的扰动程度显著加剧。矿山开采会改变地层应力分布、破坏岩土体完整性、扰动地表植被与水系平衡，在内外动力地质作用耦合影响下，极易诱发各类地质灾害。灾害不仅会造成设备损毁、生产停滞、人员伤亡等安全生产事故，还会引发地表破坏、水土流失、土地退化等生态问题，制约矿山行业可持续发展。当前多数矿山存在灾害监测体系不完善、预防手段单一、治理措施滞后、长效运维机制缺失等问题。因此，系统开展矿山地质灾害成因分析，构建科学的预防体系与综合治理方案，对提升矿山安全管控能力、推进绿色矿山建设具有重要现实意义。

2 矿山主要地质灾害类型及发育特征

2.1 地面塌陷

地面塌陷多发生于地下开采矿山，是矿山地下采空区顶板岩土体失稳垮落形成的地质灾害。地下采掘作业形成大面积采空区后，原有地层应力平衡被打破，顶板岩层在自重应力与构造应力作用下发生弯曲、断裂、垮落，最终导致地表塌陷。该灾害会破坏地表地形地貌，损毁地面建构筑物，阻断矿区交通，同时引发地下水漏失，破坏矿区水文地质条件。

2.2 滑坡与崩塌

滑坡和崩塌主要发育于露天开采边坡与矿区周边山体。露天矿山剥离作业会形成高陡边坡，人工开挖会破坏边坡原有应力结构，降低岩土体抗剪强度。在降雨入渗、风化作用、岩体节理发育等因素叠加影响下，边坡岩土体易发生滑动、崩落。滑坡具有滑动缓慢、影响范围广的特点，崩塌具有突发性强、破坏速度快的特点，二者均会直接威胁露天采场作业安全。

2.3 泥石流

矿区泥石流多为人工诱发型地质灾害。矿山开采产生的大量废石、尾矿、弃土松散堆积于沟谷与坡面，为泥石流发育提供充足物源。矿区开挖扰动破坏地表植被，土体抗冲刷能力大幅下降，在强降雨条件下，松散堆积物与雨水混合形成流体，沿沟谷快速运动形成泥石流。泥石流具备强大的冲刷与淤埋能力，会损毁矿区设施、堵塞河道、破坏周边生态环境。

2.4 地裂缝

地裂缝主要伴随地下采空塌陷发育，采空区顶板不均匀沉降会导致地表岩土体拉伸断裂，形成规模不等的裂缝带。地裂缝会破坏地表土体完整性，加剧地表水入渗，进一步诱发边坡失稳与塌陷灾害，同时损毁农田、道路与管线设施，造成矿区生态与基础设施双重破坏。

3 矿山地质灾害主要诱发因素

3.1 自然因素

自然因素是地质灾害发育的基础条件。矿区地形地貌复杂、山体坡度较大，为边坡失稳和泥石流发育提供地形条件。地层岩性软弱、岩体节理裂隙发育、风化程度高，会降低岩土体整体稳定性。降雨是最主要的诱发动力，雨水入渗会增加岩土体自重、降低结构面抗剪强度，诱发滑坡、崩塌与泥石流。区域地质构造运动也会加剧岩体破碎程度，提升灾害发育风险。

3.2 人为因素

人为开采扰动是地质灾害频发的主导因素。地下矿山无序采掘、采空区遗留量大、充填不及时，会大幅提升地面塌陷与地裂缝风险。露天矿山超陡开挖、边坡预留平台不足、边坡支护滞后，易引发边坡失稳。废石尾矿随意堆弃、排土场布设不规范，为泥石流提供充足物源。矿山排水系统不完善、防渗措施缺失，会加剧岩土体软化与冲刷，加速灾害发育。此外，监测预警体系不完善、安全管理不到位，会导致灾害隐患无法及时处置，扩大灾害损失。

4 矿山地质灾害预防性防控体系

4.1 前期地质勘查与风险评估

矿山开采前期需开展精细化地质勘查，查明矿区地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件，精准识别灾害隐患区域。结合开采规划开展地质灾害危险性评估，划分风险等级，明确禁止开采区、限制开采区与安全开采区域，从规划层面规避重大地质灾害风险，为后续开采设计与灾害防控提供依据。

4.2 优化矿山开采设计方案

依托地质勘查成果优化开采工艺与参数。地下矿山合理设计采掘布局，控制采空区规模，预留安全矿柱，推行边采边充填工艺。露天矿山严格控制边坡坡度与台阶高度，规范边坡开挖顺序，分级设置安全平台与清扫平台，避免超挖陡挖。科学规划排土场、尾矿库位置，避开沟谷、陡坡等危险区域，从工艺源头减少灾害隐患。

4.3 构建动态监测预警系统

建立全覆盖的矿山地质灾害动态监测体系，针对边坡位移、地表沉降、岩体裂隙、土壤含水率、降雨量等关键指标开展实时监测。融合自动化监测设备与视频监控系统，实现数据实时采集、分析与传输。依托大数据技术构建预警模型，根据监测数据变化趋势发布分级预警信息，实现隐患早发现、早预警、早处置。

4.4 完善日常安全管理制度

建立矿山地质灾害常态化排查机制，定期开展隐患巡查、排查与建档管理。规范开采作业流程，严禁违规采掘、违规堆渣等行为。加强作业人员安全培训，提升一线人员灾害识别与应急处置能力。完善值班值守制度，保障监测系统稳定运行，形成常态化预防管控机制。

5 矿山地质灾害综合治理措施

5.1 地面塌陷与地裂缝治理

对于小型零散塌陷坑与地裂缝，采用土石回填、分层压实的方式进行封堵处置，恢复地表平整度。对于大面积采空塌陷区，采用胶结充填、干式充填等采空区治理工艺，加固地下空区岩体结构，抑制地层持续沉降。对塌陷区域周边设置防护围挡与监测点位，防止次生灾害发育，同步开展土地平整与植被恢复。

5.2 边坡滑坡崩塌治理

边坡灾害治理坚持固坡、排水、减载同步实施。对不稳定边坡开展削坡减载，放缓边坡角度，降低边坡自重荷载。采用锚杆支护、锚索框架、挂网喷浆等工程手段加固破碎岩体，提升边坡整体稳定性。完善边坡截排水系统，设置截水沟、排水孔，阻断雨水入渗通道。对稳定性较差的高危边坡，可设置柔性防护网，抵御岩体崩落冲击。

5.3 矿区泥石流治理

泥石流治理以固源、拦挡、疏导为核心。规范废石尾矿堆放，对松散堆积

体开展压实固化、覆土绿化，减少物源补给。在沟谷上游设置谷坊坝、拦渣坝，拦截松散碎屑物质，抑制泥石流启动。完善矿区排水疏导体系，清理沟谷淤积，保障行洪通畅。同步开展流域植被恢复，提升地表固土抗冲刷能力。

5.4 矿区生态修复治理

工程治理完成后同步推进生态修复工作，对破损山体、塌陷区域、废弃堆场开展土地复垦与植被重建。优先选用乡土耐旱耐贫瘠植被，构建乔灌草复合植被体系，恢复矿区水土保持功能。通过生态治理巩固工程治理成果，实现地质灾害长效防控，改善矿区生态环境。

参考文献

[1]许佳健. 矿山开采引发的地质灾害及治理措施探究[J]. 中国金属通报, 2023, (7):150-152.